

О возможности контроля тока сверхпроводящего спинового клапана на сегнетоэлектрической подложке электрическим полем

А.А. Камашев, А.В. Леонтьев, И.А. Гарифуллин, Р.Ф. Мамин

Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ Казанский научный центр РАН, Казань, Россия
e-mail: kamandi@mail.ru

Сверхпроводящая спинтроника вызывает огромный интерес во всем мире, так как очевидны перспективы её практического применения. Одним из ключевых элементов сверхпроводящей спинтроники может оказаться сверхпроводящий спиновый клапан. Он представляет собой слоистую тонкопленочную структуру, состоящую из одного сверхпроводящего слоя и двух ферромагнитных слоев. Сверхпроводящий ток, протекающий через эту конструкцию, может быть включен или выключен путем изменения направления намагниченности в одном из ферромагнитных слоев при приложении магнитного поля. Последние работы нашей группы [1] и исследования других групп [2,3] показывают, что максимальные величины эффектов сверхпроводящего спинового клапана достигаются при использовании достаточно больших магнитных полей (2.5-10 кЭ). Такие сильные магнитные поля, накладывают ограничения для внедрения сверхпроводящего спинового клапана в логику современной спинтроники.

Мы предлагаем принципиально новую возможность управления сверхпроводящим спиновым клапаном внешним электрическим полем. Задача будет решаться путем использования в конструкции сверхпроводящего спинового клапана сегнетоэлектрика в качестве функциональной подложки. Один из ферромагнитных слоев структуры наносится на сегнетоэлектрическую подложку. Внешнее электрическое поле создает упругие деформации в сегнетоэлектрике, возникающие за счет обратного пьезоэлектрического эффекта. Деформации в сегнетоэлектрике в области интерфейса между сегнетоэлектриком и ферромагнитным слоем создают напряжения на интерфейсе, которые приводят к деформациям в ферромагнитном слое. При соответствующем построении структуры клапана деформация в ферромагнитном слое приводит к повороту вектора намагниченности за счет магнитоупругого эффекта. Изменение направления вектора намагниченности в одном из ферромагнитных слоев приводит к изменению температуры перехода в сверхпроводящее состояние в сверхпроводящем слое за счет эффекта близости сверхпроводник/ферромагнетик. Таким образом, воздействие электрического поля должно приводить к контролю сверхпроводящего тока спинового клапана в определенной области температур.

На первом этапе мы приготовили образцы, напылив ферромагнитную пленку на сегнетоэлектрическую подложку ниобата лития. Далее мы исследовали возможность переориентации направления намагниченности ферромагнитного слоя при помощи приложения электрического поля к сегнетоэлектрической подложке. Методом эффекта Керра удалось зарегистрировать изменение ориентации намагниченности ферромагнитного слоя при приложении внешнего электрического напряжения от 100 до 200 В. Исследование в этом направлении продолжается.

Таким образом, можно утверждать, что управление током сверхпроводящего спинового клапана электрическим полем возможно.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-72-10178.

1. A. Kamashev, N. Garif'yanov, A. Validov et al., *Phys. Rev. B* **100**, 134511 (2019).
2. Y. Gu, G. B. Halász, J. W. A. Robinson, and M. G. Blamire, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 067201 (2015).
3. A. Singh, S. Voltan, K. Lahabi, and J. Aarts, *Phys. Rev. X* **5**, 021019 (2015).